市販キットの部品を使った

FETドライブ300Bシングル・アンプの製作

■池田　敏弘■

FETドライブ300B シングル・アンプの外観. 筆者の現用機はフル・リモコン仕様となっている

本機の特徴

真空管300Bが市場に豊富に出回り，メーカーや生産工場にこだわらなければ，比較的リーズナブルな価格で入手できるようになりました．300Bそのものの特性を考慮しますと，シングルで5Wを越える出力が可能，3極管のためひずみ成分の大部分が偶数次のものであることなど，音楽再生装置に適したデバイスといえます．今回，独自の駆動方式による300Bシングル・アンプを設計/製作しましたので，発表させていただきます．

まず，このアンプのおもな特長を下記に示します．

(1) FET駆動真空管アンプ
(2) フルリモコン動作
(3) 電子セレクタ/電子VR・方式

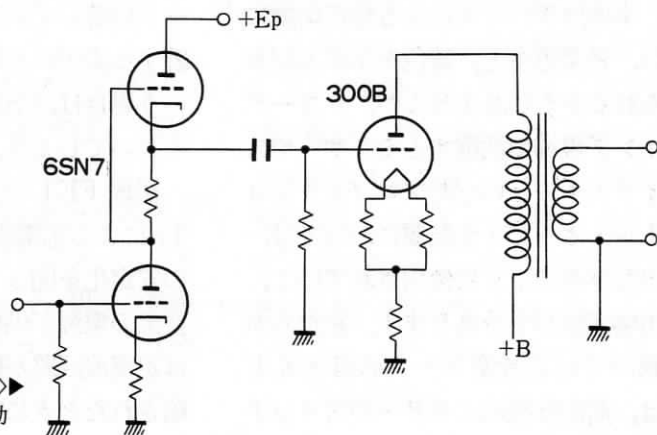
(1) FET駆動

300Bシングル・アンプのほとんどは，**第1図**に示す310Aなど5極管による駆動，あるいは，**第2図**に示す6SL7などの3極管によるSRPP（シャント・レギュレーテッド・プッシュプル）による駆動，さらに，**第3図**に示す6SN7などの3極管カソード接地2段による駆動，のいずれかが見受けられます．

それぞれ長所短所があり，甲乙付け難いものがありますが，これらはさまざまなメディアでたびたび紹介され，ワン・パターン化しているともいえます．そこで今回は，独自性を持たせること，回路動作のシンプル性と作りやすさなどを考慮した結果，高 g_m，高 P_D(許容損失)のFETを使用した差動増幅回路による駆動方式としました．**第4図**に基本回路仕様を示します．

FETは真空管と同様に電圧制御素子であり，真空管との相性も比較的よく，入力コンデンサを廃止することが可能です．高 g_m のFETを使用することで負荷抵抗Rを小さくすることができ，高域のf特の点でも有利となります．また差動入力のため，無帰還，有帰還とを容易に変更することも可能です．

なお，今回のFET駆動回路は

▲〈第1図〉5極管310Aなどによる300Bの駆動

〈第2図〉▶ 3極管（6SL7など）のSRPPによる300Bの駆動

抗を介して接続すれば，負帰還を掛けることも可能な回路です．このとき，初段差動出力のどちらの出力を300 Bのグリッドに接続するのかは，出力トランスの極性仕様に応じて決定します．

では，電圧増幅段の各素子の電流設定値について，**第6図**を使って簡単に説明します．

電流設定値をどの点に置くかは，素子の最大定格に対する余裕のない設計をしないかぎり，読者のポリシーに沿って設計を進められたらよい，と考えます．

私の設計ポリシーは，各素子のI_{DSS}やh_{fe}等を測定しなくても，指定ランクの素子を使用して本レポートどおり製作するだけで，失敗なしに，ここに発表したレベルの特性と本機独特の音楽再生能力を実現することです．

初段における直流関係の近似値は，下記のようになります．

$I_c = 2\ I_D$

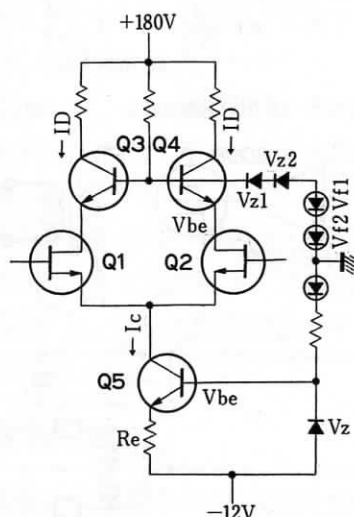
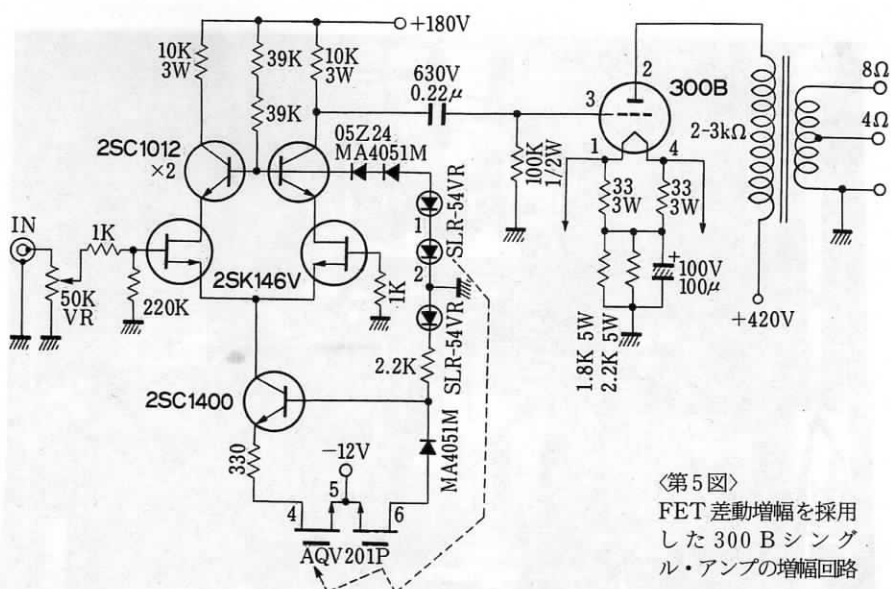
（I_c：Q 5 の定電流値
I_D：Q 1，2 の各ドレイン電流）

最初にI_Dの目標値を決めます．

$I_D = I_{DSSmin}/2 = 14/2 = 7\ (\mathrm{mA})$

（I_{DSSmin}：V ランク I_{DSS} 最小値）

とします．$I_c = 14\ \mathrm{mA}$なので，

$R_e = (V_z - V_{be})/I_c$

〈第6図〉初段まわりの定数設定

〈第5図〉FET差動増幅を採用した300 Bシングル・アンプの増幅回路

$= (5.1 - 0.65)\ (\mathrm{V})/14\ (\mathrm{mA})$

$= 318\ (\Omega) \rightarrow 330\ (\Omega)$

（V_z：MA 4051 M ツェナー電圧
V_{be}：Q 5 ベース・エミッタ電圧）

となります．

カスコード接続の基準電圧V_Sは，2 SK 146 V の耐圧を考慮し，33 V とします．V_Sは，ツェナー・ダイオード，LED，フォト MOS の入力側を組み合わせ実現しています．

$V_S = V_{z1} + V_{z2} + V_{f1} + V_{f2}$

$= 24 + 5.1 + 2 + 2 = 33.1\ \mathrm{V}$

（V_{z1}：05 Z 24 ツェナー電圧
V_{z2}：MA 4051 M ツェナー電圧
V_{f1}：LED 順方向電圧
V_{f2}：AQV 201 入力側順方向電圧）

2 SK 146 V の最大ゲート・ドレイン電圧は 40 V ですので，定格内です．損失P_Dは以下のとおりです．

$P_D = (V_s - V_{be})\ I_D$

$= (33.1 - 0.65) \times 7$

$= 227\ (\mathrm{mW})$

（V_{be}：Q 3 ベース・エミッタ間電圧）

最大許容損失 600 mW（$T_a = 25°\mathrm{C}$）に対し，余裕があります．

カスコード接続に使用される 2 SC 1012 は，最大コレクタ・ベース電圧が 165 V ですので，初段の電源電圧を，前記電圧とカスコード接続基準電圧とを足した値以下，すなわち 198.1 V 以下にする必要があり，約 180 V としました．カスコード接続 Tr の損失P_cはつぎのとおりで，

$P_c = (180 - V_r - V_s)\ I_D$

$= (180 - 70 - 33.1) \times 7$

$= 538\ (\mathrm{mW})$

（V_r：初段負荷抵抗の両端電圧
V_s：カスコード接続基準電圧）

最大許容損失 2.5 W（$T_c = 25°\mathrm{C}$）に対し，十分余裕があります．

出力段の回路定数は，電源トランスの電圧と出力トランスのインピーダンスにより決定されます．今回使ったキットの出力トランスの 1 次側インピーダンスは 2〜3 kΩ のようです．300 B のプレート電圧E_pは 350 V 弱で，プレート電流I_pを 60 mA 強とするためバイアス電圧は 60 V 強となり，カソード側抵抗は約 1 kΩ（1.8 k//2.2 k）となります．交流的ロスをなくすため抵抗とパラにバイパス・コンデンサを接続します．

アンプの裸ゲインのほとんどを初段で稼がなければならず，出力トランスのロスを考慮しますと，初段で 100 倍以上のゲインが必要となります．初段のゲインはつぎの近似式で表わされ，初段ゲインA_1は，

$A_1 = g_m \cdot R_{L1}/2 = 40\ \mathrm{m} \cdot 10\ \mathrm{k}/2$

$= 200$（倍）

●筆者現用機はフル・リモコン仕様のため内部配線は非常に複雑になっている

$\begin{pmatrix} g_m：2\,SK\,146\,V の g_m \\ R_{L1}：初段 2\,SK\,146\,V の負荷 \end{pmatrix}$

となり，FET 1段増幅で十分なゲインを稼ぐことができ，5極管による増幅に比べ，初段負荷の抵抗値を1桁小さくすることができます．

出力トランスの資料がないため，トランスに関するパラメータを推定値とし，出力段のゲインを考えますと，つぎの近似式で表され，2段目のゲインA_2は，

$$A_2=(\mu\cdot R_{L2}/(R_{L2}+r_p)$$
$$=(3.84\times3000)/(3000+760)$$
$$=3(倍)$$

$\begin{pmatrix} \mu：300\,B の \mu \\ R_{L2}：300\,B の負荷 \\ r_p：300\,B の r_p \end{pmatrix}$

となり，出力トランス・ゲインA_3を0.05とすると，出力段のゲインは，0.15倍となります．

以上の算出値より，総合裸ゲインは約30倍と推定されます．

電源部回路図を**第7図**に示します．マイコン系の+5V，電子セレクタ，電子VRの±5Vには，PCで使用されているATX電源を活用しました．ただし，電子セレクタ，電子VRはオーディオ系となりますので，ATX電源の±12Vから3端子レギュレータAN 7805 F/AN 7905 Fを介して±5Vを供給する形をとりました．また増幅部初段定電流回路の負電圧は，ATX電源の−12Vより供給しています．

今回は+5V，±12V電源をコンパクトにするためATX電源を使用しましたが，ファンの音が気になるかた，スイッチング電源を好まないかたは，電源トランスを用い，ドロッパ型の3端子素子などによる安定化電源を使用されたらよいでしょう．

もちろん，ふつうの音量VRのみの場合は，マイコン系の+5V，電子セレクタ/電子VR用の±5Vは必要なく，増幅部初段の負電圧のみが必要ですが，ヒータ電圧用巻線から倍圧整流することで−12Vを取り出すことができます．

この電源トランスはRコアで，電源ON時のラッシュ電流が大きいため，ONした瞬間は18Ωを介して1次電流が流れ，その後18Ωを短絡する形式をとっています．初段電源電圧をTrの耐圧の関係で約180Vにするため，7.5kΩの抵抗

〈第7図〉本機電源部の回路．リモコンや電子VR用の電源は省く

〈第8図〉本機のアース・ラインのとりかた

を介して電圧を落としています．カスコード接続のTrに耐圧の大きなものを使用すれば，この抵抗を用いる必要はなくなります．

300 Bのヒータは，大容量コンデンサを使って平滑したDC点火としています．

〈第9図〉本機の周波数特性

〈第10図〉本機の雑音ひずみ率特性

製作と調整

おもな基板は，電子セレクタ/電子VR部，増幅部初段部，マイコン部の3種から構成されていて，出力段部はラグ板を活用し，配線しています．

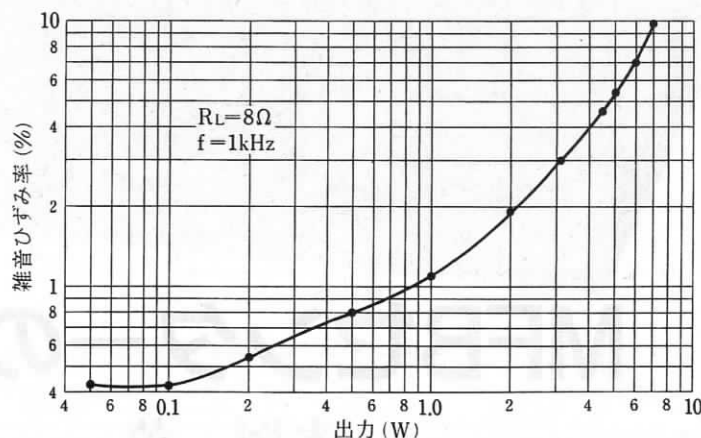
本機のグラウンドの引き回しを**第8図**に示します．入力RCAジャック端子のコールド側をシャーシに落とし，スピーカ端子のGNDは，出力段用整流回路の電解コンデンサのGNDより少しシャーシ側にずれたポイントから取り出します．

整流された電源の配線は，＋側のリード線と－側のリード線をより合わせ，磁束を打ち消します．同様，電源トランスの2次側の配線をより合わせ，1次側は，ライブ(L)側のリード線とニュートラル(N)側のリード線をより合わせます．

組立・配線が完了したら，回路図どおりに確実に配線されているかを十分確認してください．このアンプは調整個所がありませんので，配線に誤りさえなければ，即，音楽を楽しむことができます．

電源トランスの電源SWをONします．つぎに，ラッシュ防止抵抗短絡SWをONにします．これで音楽を楽しめます．電源をOFFするときは，まず電源トランスのSWをOFFし，つぎに抵抗短絡SWをOFFします．

電気特性

本機は無帰還でゲインは26倍強あります．8Ω負荷，0.1 V_{rms}入力で，L_{ch}出力が2.65 V_{rms}，R_{ch}出力が2.61 V_{rms}となっています．

周波数特性を**第9図**に示します．無帰還ということで，11.5 Hz～19.5 kHz＋0，－3 dB以内というかまぼこ型のナローな特性です．

雑音ひずみ率特性を**第10図**に示します．3極管ですので，電圧変動によるハムの影響が気になりますが，400 HzHPFをONにしても変化はあまりなく，ハムの影響は抑えられています．ひずみは，出力段300 Bのひずみが主体であり，V-FETアンプ(99年8月号)の雑音ひずみ率特性を1桁強悪くしたレベルで，特性カーブは真空管シングル・アンプ特有のソフト・ディストーション形となっています．

なお，これらの特性は，電子セレクタ/電子VRも含んだアンプ・トータルでの特性です(CD・IN→SP・OUT)．NFBを施せば，f特もひずみ率も改善されますが，音楽再生においては，無帰還仕様の方が感度が高いためか聴感上よいように感じるので，無帰還で使用しています．

本機の試聴は自作のCDプレーヤとALTEC 405-8 H(自作バスレフ)で行いました．

音は，前記のV-FETアンプに近い傾向で，ナローな周波数特性に関わらず，音に厚みと瞬発力が感じられ，低域～高域までバランスよく再生してくれます．いずれにせよ，このFET駆動300 Bアンプは無調整で製作できる懐かしく新しい真空管アンプで，市販アンプでは味わうことのできない視覚的要素と聴覚的要素とを味わうことができ，音楽再生を楽しめます．

本機についての質問，ご意見のあるかたは，下記の電子メールへメッセージをお送りください．ホーム・ページにおいてもこれまで発表した装置などの紹介をしています．

●ホーム・ページ
http://www.geocities.co.jp/Technopolis-Mars/4871/
●電子メール
seychelle777@hotmail.com